

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

MAJA ŠOKMAN

RECIKLIRANJE PAPIRA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

RECIKLIRANJE PAPIRA

KANDIDAT:

Maja Šokman

MENTOR:

doc.dr.sc. Anita Ptiček Siročić

VARAŽDIN, 2016.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

RECIKLIRANJE PAPIRA

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te na objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **doc.dr.sc Anite Ptiček Siročić**.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 01.07.2016.

MAJA ŠOLMAN

(Ime i prezime)

44652196298

(OIB)

Maja Šolman

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

Ime i prezime autora: Maja Šokman

Naslov rada: Recikliranje papira

Upotreba papira široko je rasprostranjena, a s obzirom na to da je papir materijal koji se lako i učinkovito reciklira, recikliranje papira sve je češća praksa, ne samo zbog uštede energije i finansijskih sredstava, već i zbog očuvanja prirode. Papir se danas najviše koristi za tiskanje, pisanje, crtanje kao i za izradu ambalaže. Recikliranju papira pristupa se sustavno i organizirano, a nastojanja da se poboljšaju tehnološki procesi koji se pri recikliranju koriste sve su izraženija i prisutnija u cijelom svijetu. Postupak recikliranja papira započinje prikupljanjem starog papira, odnosno sortiranjem otpada, što je usko povezano s ekološkom osviještenošću i sve izraženijom brigom za očuvanje okoliša. Recikliranje papira sve je učestalija praksa, a papir je izuzetna sirovina s obzirom da se može reciklirati i do nekoliko puta, a da zadrži svoju uporabnu vrijednost.

KLJUČNE RIJEČI: papir, recikliranje, otpad

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OPĆI DIO	2
2.1. Papir	2
2.1.1. Sirovine za proizvodnju papira	3
2.1.2. Postupci izrade papira	5
2.2. Prikupljanje papira za recikliranje	7
2.3. Proces izrade recikliranog papira	10
2.3.1. Recikliranje višeslojnog papira	14
2.3.2. Prednosti i nedostaci recikliranog papira	17
2.4. Zakonska regulativa	20
3. ZAKLJUČAK	24
4. LITERATURA	25
5. POPIS SLIKA	27
6. POPIS TABLICA	28

1. UVOD

Papir je materijal široke uporabe, koristi se uglavnom za tiskanje, pisanje, crtanje, ali i za izradu ambalaže. Papir, u obliku i značenju kakav se koristi danas, odnosno kao podloga za pisanje, otkriven je u Kini oko 105. godine, a u početku se izrađivao od trske bambusa, rižine slame, konoplje i sl., odnosno od materijala i sirovina načinjenih od vlaknaste strukture. Danas se papir izrađuje sofisticiranim tehnološkim procesima i tehnologijama, od drva, odnosno celuloze.

Zahvaljujući svojim svojstvima, papir je kao materijal idealan za recikliranje tj. može se reciklirati i do nekoliko puta, a da pritom zadrži svoja osnovna uporabna svojstva, odnosno da se i dalje može nesmetano koristiti. Izgled i kvaliteta recikliranog papira drugačijih su svojstava od standardnog papira, no kako je praksa recikliranja papira sve češća, tako i te razlike postaju dio svojevrsnog standarda i ne predstavljaju smetnju niti bitnu razliku u izgledu i kvaliteti proizvoda koji je od recikliranog papira napravljen.

Recikliranje papira stoga je praksa kojoj se sve češće pristupa, a dva najvažnija i najveća razloga su očuvanje prirode i prirodnih resursa, ušteda energije, a samim time i znatna ušteda financijskih sredstava.

U ovom radu opisan je proces recikliranja papira, koji uključuje postupke prikupljanja, obrade i dobivanja recikliranog papira.

2. OPĆI DIO

2.1. Papir

Papir je, prema standardnoj definiciji Rječnika hrvatskoga jezika, *“materijal na kojem se piše, tiska, crta i sl., načinjen od tanko razvučene i osušene mase biljnih vlakana, većinom drvene celulozne mase ili mase od pamučnih krpa”* [1]. Naziv “papir” dolazi od grčke riječi “papyrus”, koja označava biljku papirus.

Papir je plošni proizvod dobiven iz vodene suspenzije biljnih vlakana na stroju s finim sitom, koji omogućuje njihovo prepletanje i oblikovanje u vrlo tanak list. Vrlo je pogodna podloga za pisanje te zauzima važno mjesto u povijesti pismenosti čovječanstva.

Glavni proizvodi papirne industrije su papir, karton i ljepenka, a razlikuju se ponajprije u gramaturi, tj. u masi proizvoda kojemu je površina 1 m². Gramatura običnog papira je 8 do 200 g/m², kartona 200 do 500 g/m², a ljepenke veća od 500 g/m².

Papir se razlikuje prema:

- a) sirovinskom sastavu
- b) namjeni
- c) te prema tehnikama tiska

Prema sirovinskom sastavu razlikuju se: bezdrveni papir od najkvalitetnijih vlakana visokobijeljene celuloze, srednje fini papir od celuloze i nešto visokoprinostnih vlakana ili drvenjače te prosti papir od otpadnog papira. **Prema namjeni** razlikuju se: grafički (tiskarski i pisaći), ambalažni, higijenski i specijalni papir. **Prema tehnikama tiska** razlikuje se: papir za visoki, ravni i duboki tisak. **Najvažniji grafički** papiri su: ofsetni papir, dimenzijski stabilan, keljen, a radi stabilnosti nanesenih boja u ofsetnom tisku njegova pH-vrijednost treba biti oko 4,5; novinski papir, izrađen od jeftinih vlakana, najčešće drvenjače, obično je slabo bijeljen i strojno gladak; crtaći papir, bezdrvan, bijeljen, dobro keljen, gladak, slabe prozirnosti; papir za računala, strojno gladak, rjeđe i satiniran, prodaje se u rolama i u formatima prilagođenima računalima [2].

2.1.1. Sirovine za proizvodnju papira

Sirovine od kojih se proizvodi papir jesu višegodišnje biljke, odnosno, iz stabala bjelogorice i crnogorice preradom se dobiva drvenjača, poluceluloza i tehnička celuloza. Isto tako, papir se proizvodi i od jednogodišnjih biljaka, odnosno slame, stabiljki žitarica te od polutvorevina kao što su krpe ili tekstilna vlakna.

Danas se uglavnom koristi pet glavnih sirovina za proizvodnju papira (slika 1), a to su:

- a) drvenjača
- b) celuloza
- c) poluceluloza
- d) polutvorevina
- e) reciklirani stari papir



Slika 1. Sirovine za proizvodnju papira

Drvenjača se koristi uglavnom za izradu novinskog i srednje finog papira, a sirovina koja se dobiva iz drvenjače mješavina je vlaknastog materijala drvenjače i starog papira.

Celuloza je visoko zastupljena u proizvodnji papira i danas je to najrašireniji prirodni spoj koji dobivamo iz prirode, dok je **poluceluloza** vlaknasta sirovina koja se proizvodi iz drveta ili slame jednogodišnjih biljaka.

Polutvorevina se dobiva preradom pamuka, lana te starih komada jute, a duga i čvrsta tekstilna vlakna uglavnom se koriste za izradu određenih vrsta papira kao što su papiri za novčanice, vrijednosni papiri, zemljopisne i pomorske karte te slični proizvodi koji zahtijevaju određenu razinu otpornosti i čvrstoće papira.

Prema načinu dobivanja, papir se dijeli na nekoliko vrsta, a najosnovnija podjela papira vrši se upravo prema rabljenim sirovinama, načinu dorade te prema namjeni.

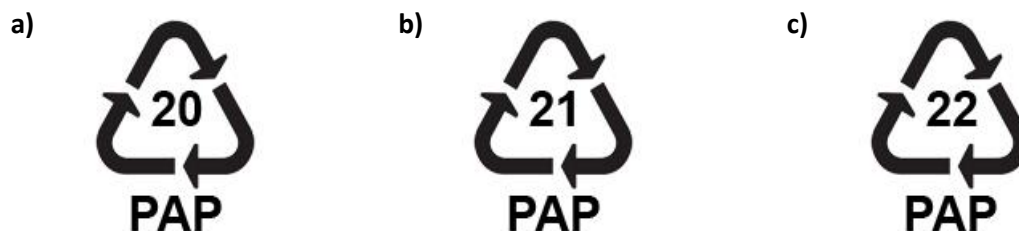
Prema gramaturi (tzv. podjela prema Klemmu) [3] papiri se dijele na:

- a) papir (do 150 g/m^2)
- b) karton (od 250 do 500 g/m^2)
- c) ljepenu (od 600 g/m^2)

S obzirom na način dobivanja papira postoji podjela na (slika 2) [4]:

- a) Valovita ljepenu (karton) - Ljepenu se nazivaju kartoni mase iznad 500 g/m^2 . Ljepenu je obično izrađena od drvenjače, kemijske drvenjače i starog papira. Ljepenu je višeslojni materijal dobiven od raznih vlakana lijepljenjem i prešanjem. Koristi se za izradu različitih omota ambalaža, vreća, kartonskih kutija...
- b) Ravna ljepenu (karton) - Razlikujemo dva tipa ljepene: ravna i valovita. Postoji i siva ljepenu koja se izrađuje od starog papira s primjesama usitnjenog tekstila. Glavne odlike sive ljepene su: visoka otpornost, neznatna lomljivost, obostrana glatkost. Upotrebljava se za izradu nesloživih i nepresvučenih kutija (prilikom presvlačenja dolazi do krivljenja što je njen najveći nedostatak). Tanka siva ljepenu je slabije kvalitete.
- c) Papir - Sakupljanjem starog papira znatno se smanjuje količina otpada koja se odlaže na deponij. Preradom starog papira dobiva se sirovina za proizvodnju novog proizvoda,

takvom preradom štedi se energija, jer proizvodnja papira iz otpadnog papira iziskuje i do 50 % manje energije nego izrada papira iz drveta.



Slika 2. Oznake za papir – a) valovita ljepenka, b) ravna ljepenka, c) papir [4]

2.1.2. Postupci izrade papira

Od najranijih povijesnih zapisa o načinima proizvodnje papira, u staroj Kini, odnosno od vremena kada se papir izrađivao ručno, tucanjem u kamenim posudama nakon čega je slijedilo prelijevanje usitnjenih vlakana vapnenom vodom te kuhanje nakon kojega se dobivala kašasta masa koja se cijedila kroz sito, tehnologija izrade papira uvelike se promijenila.

Za izradu papira danas se uglavnom koriste strojevi širine od pola metra do 12 metara. Strojna proizvodnja je neizbježna s obzirom da je danas potražnja za papirom u svijetu golema.

Suvremeni strojevi za proizvodnju papira u jednoj minuti mogu proizvesti i do 2000 metara papira, odnosno, suvremenim tehnološkim procesima u jednoj se godini proizvede i preko 250 000 tona papira.

Papir koji se izrađuje na stroju, u kontinuiranoj traci, od celuloznih vlakana i dodataka, odnosno punila, premaza i sl., nalikuje isprepletenoj tvorevini vlaknaca između kojih se nalaze brojne šupljine, odnosno dobiva se mrežasta struktura koja se ispunjava punilima i drugim materijalima koja nisu vlaknasta, ali znatno poboljšavaju svojstva papira.

U skladu s vrstom papira koja se želi dobiti, razlikuju se metode i vrste miješanja vlaknastog materijala. No, prije postupka miješanja različitih vlaknastih materijala vrši se obrada drva, sirovina od koje se dobiva papir, te odkoravanje, brušenje i mljevenje.

Nakon odkoravanja, pri čemu se skida kora drveta, provodi se strojno brušenje te mljevenje u mlinovima (holenderima), čime se postiže bolje povezivanje vlakana što u konačnici dovodi do povećanja mehaničkih svojstava papira i bolje preglednosti papira (slika 3).

Nadalje, poslije odkoravanja, brušenja i mljevenja slijedi dodavanje punila da bi se poboljšala svojstva papira za tisak (obično se dodaje kalcij karbonat, kaolin ili talk), te bojanje i bjeljenje da bi se postigla što svijetlija nijansa papira i eliminirali u što većoj mjeri žućkasti ili sivkasti tonovi papira. Nakon svih navedenih postupaka slijedi površinska obrada papira, odnosno satiniranje i premazivanje.



Slika 3. Sirovina za proizvodnju papira

Prema načinu izrade i dorade papir se dijeli na:

- a) nepremazani (prirodni) ili
- b) premazani

Nepremazani papir je jednostrano ili obostrano gladak i satiniran, dok je premazani papir jednostran ili obostrano premazan, a ovaj se papir koristi za umjetnički tisak, mat je ili sjajnog premaza, a može biti i plastificiran.

Tehnološki postupci proizvodnje papira uglavnom se kontroliraju pomoću računala. Stroj za izradu papira sastoji se od šest glavnih dijelova: natoka, sitove grupe, grupe preša, sušne grupe, stroja za navijanje te stroja za previjanje (slika 4).



Slika 4. Stroj za proizvodnju papira

2.2. Prikupljanje papira za recikliranje

Papir se prikuplja odlaganjem u za to predviđene spremnike, odnosno u kontejnere ili kartonske kutije. Pri odlaganju starog papira i kartona u spremnike važno je da se u iste spremnike za papir ne ubacuju druge neodgovarajuće vrste otpada.

Sav prikupljeni papir otprema se na preradu i potom izradu novih proizvoda široke upotrebe, primjerice novina, knjiga, uredskog papira, toaletnog papira i drugog.

U europskim zemljama postoje različiti sustavi prikupljanja starog papira, a kod svih se nastoji da se, ukoliko postoji mogućnost, već prilikom prikupljanja izvrši sortiranje. Na taj način sortirani i izdvojeni papir se balira i šalje na daljnju preradu. Na slici 5. prikazano je prikupljanje starog papira za recikliranje.



Slika 5. Papir za recikliranje

Glavni izvori starog papira namijenjenog za preradu su veliki dobavljači poput trgovačkih centara, kod kojih prednjače kartonski proizvodi, zatim hoteli, bolnice, tvornice papira i tiskare unutar kojih se papirnati otpad odmah razvrstava.

Nadalje, sirovina za dobivanje recikliranog papira dolazi iz velikih industrijskih postrojenja, ali zbog sve veće potrebe i ekološkog osvješćivanja građana, raste i udio papira iz kućanstava koji prema podacima iz zemalja EU, iznosi 40 % u odnosu na industriju (50 %) [5].

Pri prikupljanju starog papira važno je pridržavati se pravila odlaganja i razvrstavati papir prema vrstama. U za to predviđene kontejnere odlažu se novine, magazini, letci, papirne vrećice i druga papirnata ambalaža, uredski papiri, telefonski imenici, kartonske kutije različite namjene, omotnice, tetrapak ambalaža i sl.

Dakle, prikupljaju se različite vrste papira, ovisno o tome za što se određena vrsta papira koristi, stoga se primjerice, novinski papir odvaja od ostalog papira, a u posebne se kontejnere odvaja i kartonska ambalaža.

U kontejnere za odlaganje i prikupljanje starog papira ne odlaže se vlažni, prljavi i plastificirani papir, kao ni papirne maramice i fotografije. Kontejner za odlaganje starog papira za recikliranje obično se nalazi uz kontejnere za druge otpadne materijale koji se recikliraju. Vrste kontejnera za odlaganje materijala za recikliranje prikazani su na slici 6.



Slika 6. Vrste kontejnera za odlaganje materijala za recikliranje

Kontejner za odlaganja papira plave je boje, kao što je prikazano na slici 7.



Slika 7. Kontejner za odlaganje starog papira

U usporedbi s ostalim kućanskim otpadom, papir i karton na drugom su mjestu po zastupljenosti u Hrvatskoj (oko 40 %), odmah nakon organskog otpada (slika 8) [4].



Slika 8. Struktura kućanskog otpada

Postoje vrste papira koje se ne smiju reciklirati, a razlog tome uglavnom je preveliki udio materijala koji predstavljaju prijetnju za okoliš i zdravlje ljudi.

Papiri koji se ne smiju reciklirati su: kontaminirani papiri iz ambulanti, domova zdravlja i bolnica, higijenski papiri, papiri koji su bili u neposrednom kontaktu s kemikalijama ili hranom te neke vrste starog papira. Takvi papiri i materijali se ne koriste kao sekundarne sirovine za proizvodnju papira već se smatraju otpadom i najčešće se zbrinjavaju spaljivanjem [6].

2.3. Proces izrade recikliranog papira

Recikliranje se definira kao *“prerađivanje otpadnog materijala tako da se u cjelini ili djelomice dovede u stanje u kojem se može upotrijebiti”* [1].

Sama etimologija riječi “reciklirati” potvrđuje navedeno značenje - dolazi od engleskog izraza “recycle” koji, pak, korijen ima u latinskoj riječi “cyclos”, odnosno grčkoj “kyklos”, koje znače “krug” (engleska složenica latinsko - grčkom izrazu dodaje prefiks “re” i ta se inačica koristi diljem svijeta i označava isto) [1].

Drugim riječima, recikliranje je izdvajanje materijala iz otpada i njegovo ponovno korištenje. Uključuje sakupljanje, izdvajanje, preradu i izradu novih proizvoda iz iskorištenih stvari ili materijala. Vrlo je važno najprije odvojiti otpad prema vrstama. Mnoge otpadne tvari se mogu ponovo iskoristiti ako su odvojeno sakupljene [5].

Proces recikliranja starog papira uključuje miješanje starog papira s vodom i različitim kemikalijama kako bi se razdvojili sastojci. Zatim se dobiveni materijal usitnjava i grije. Dobivena smjesa dalje se obrađuje procijediavanjem čime se otklanjaju materijali poput ljepila ili plastike koji se još uvijek mogu nalaziti u smjesi. Slijedi čišćenje, bijeljenje i ponovno miješanje s vodom [6].

Recikliranje papira zahtijeva organiziran i standardiziran postupak obrade starog papira, a nakon sustavnog prikupljanja, recikliranje se odvija u 10 osnovnih faza, navedenih u nastavku:

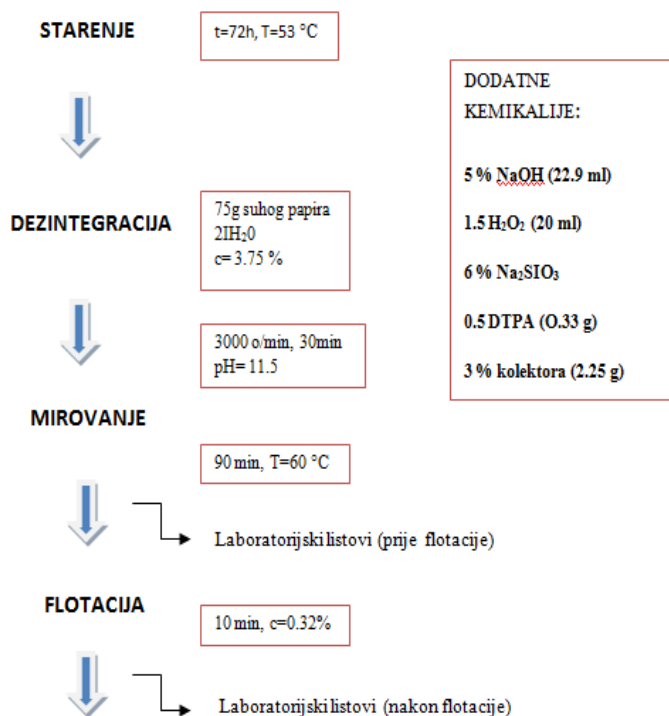
- sakupljanje otpadnog i starog papira (specijalizirani spremnici i/ili kutije)
- ukoliko papir nije moguće izdvojiti u tijeku sakupljanja otpada u kontejnere, onda se odvaja od ostalog otpada u centrima za sortiranje otpada te se sortira prema kvaliteti i preša u bale.
- bale sortiranog papira odvoze se u centar za recikliranje papira.
- u centru za recikliranje papira najprije se ocjenjuje kvaliteta otpadnog papira radi utvrđivanja cijene istog.
- od papira se odvajaju zaostali, krupni komadi otpada poput žice, plastike, metala, tekstila ili drva.
- papir se usitnjava (u valjkastoj drobilici), nakon čega se dodaje voda i nastaje pulpa.
- čišćenjem i prosijavanjem nastavlja se odvajanje zaostalih sitnih čestica otpada od vlakana celuloze, plastike, gumenih traka, ljepila, lateksa i drugih nečistoća.
- flotacija, najveći izazov u recikliranju papira, predstavlja uklanjanje štetnih primjesa, poput polimernih mastila i prevlaka primjerice toneri koji se koriste u laserskim kopirnim uređajima toplinski su spojeni sa površinom tiskane strane papira. To su najčešće polimeri na bazi najlona koje je teško odvojiti od papirnatih vlakana što je nepovoljno iz razloga što je uredski papir proizveden od prethodno jako izbijeljene pulpe. U flotaciji se kao kolektori koriste masne kiseline, a uklanjanjem boja sa vlakana papira, sirovina je praktički spremna za daljnji tretman u tvornici papira.
- ovisno o potrebi, ponekad je potrebno naknadno pranje vlakana papira kako bi se odstranila punila i prevlake.
- Pulpa se izbjeljuje te se provode ostali postupci kojima se u konačnici dobiva čisti reciklirani papir [5].

Recikliranje papira najstariji je oblik recikliranja, a u usporedbi s ostalim postupcima recikliranja u Republici Hrvatskoj, sustav prikupljanja papira za recikliranje najrazvijeniji je i najorganiziraniji.

Recikliranje se, prema načinu uklanjanja nečistoća, može podijeliti na (slika 9):

a) recikliranje mehaničkim pročišćavanjem (što podrazumijeva prosijavanje i centrifugalno čišćenje)

b) recikliranje uz primjenu “odbojavanja” (što podrazumijeva flotaciju ili ispiranje).



Slika 9. Uklanjanje nečistoća pri recikliranju

Prosijavanje se vrši prolaskom pulpe kroz sita definiranih promjera otvora, prilikom kojeg se nečistoće zadržavaju na situ, a vlakanca slobodno prolaze kroz otvore (rupe ili proreze na situ do 0.10 mm širine).

Danas, prosijavanje se provodi pod pritiskom kako bi se izbjeglo začepljivanje otvora sita. Time se iz suspenzije vlakanaca uspješno uklanjaju veće nečistoće npr. djelići plastike, stakla, špage, metalne spajalice i slično.

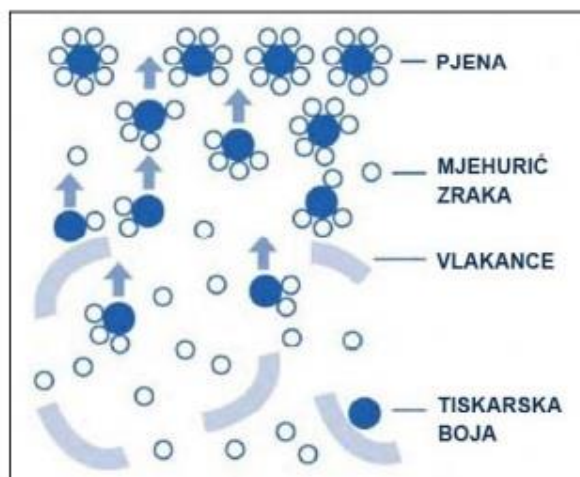
Centrifugalno čišćenje karakterističan je postupak pročišćavanja kojim se iz pulpe uklanjaju onečišćenja kao što su smole, čestice gume, pijesak, polimerni

materijali, ljepljiva i boje. Postupak se temelji na odvajanju čestica u centrifugalnom polju pri čemu se pulpa razrjeđuje vodom i podvrgava seriji centrifugalnih čišćenja.

Celulozna kaša rotira unutar cilindričnih pročistača te uslijed vrtložnog gibanja čestice specifične mase veće od celuloznih vlaknaca kreću prema vanjskim rubovima cilindra i na taj način odstranjuju se iz suspenzije.

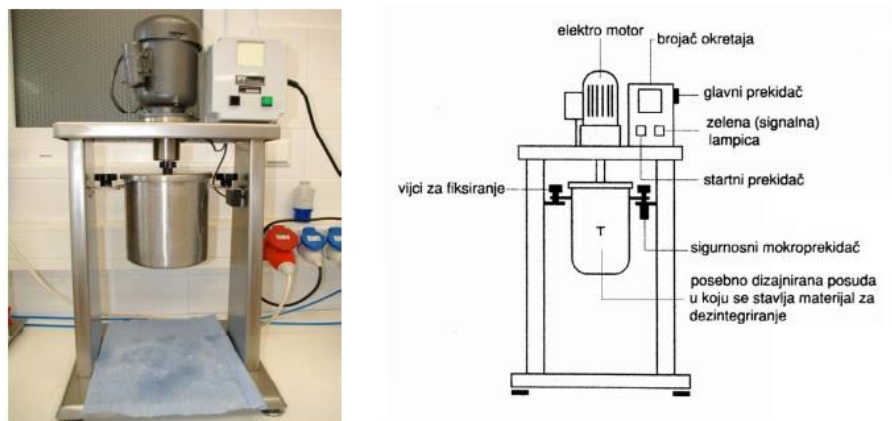
“Deinking” flotacija je proces selektivne separacije koji koristi mjehuriće zraka za odstranjivanje čestica tiskarske boje iz razvlaknjene suspenzije. Flotacijom se uspješno uklanjaju hidroforne čestice tiskarskih boja reda veličine od 15 do 150 μm .

U flotacijskoj ćeliji čestice boje prihvaćaju se na mjehuriće zraka koji ih nose prema površini. Na površini se stvara pjena koja se mora uklanjati (slika 10).



Slika 10. “Deinking” flotacija

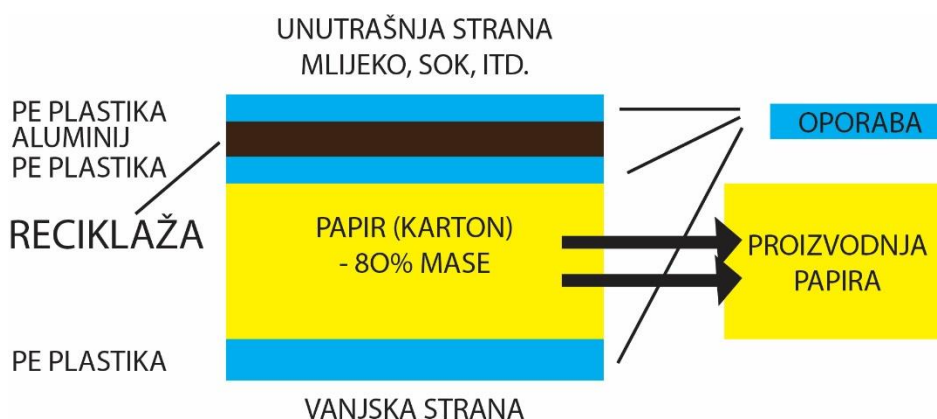
Uređaj, u kojem se papir tijekom postupka recikliranja rastavlja na manje dijelove, odnosno vlakanca, naziva se dezintegrator. U ovom uređaju nastaje pulpa, odnosno celulozna kaša (suspenzija vlakanca u vodi) (slika 11).



Slika 11. Laboratorijski dezintegrator [8]

2.3.1. Recikliranje višeslojnog papira

Višekomponentni papir sastoji se, kao što i sam naziv kaže, od više komponenti, odnosno više slojeva. Najveći dio volumena višekomponentnog papira zauzima papir, odnosno karton, koji se pri recikliranju odvaja i dalje tretira i koristi kao stari papir, odnosno reciklirani papir. Pri recikliranju višeslojne kartonske ambalaže (tetrapaka), odnosno višekomponentnog papira i kartona, treba imati na umu specifičan sastav ove vrste papirnate ambalaže (slika 12).



Slika 12. Sastav višekomponentnog papira [9]

„Tetrapak” (slika 13) je pojam koji označava pakiranje za različite vrste tekućina, a samim time sastav mu je znatno drugačiji nego kod obične papirnate ambalaže. Tetrapak se sastoji od 75 % papira, 20 % plastike (polietena) i 5 % aluminija.

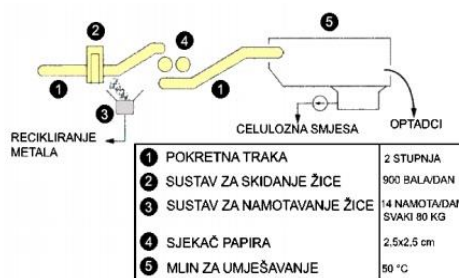


Slika 13. Višeslojna kartonska ambalaža (tetrapak) [5]

Procjenjuje se da se u Republici Hrvatskoj godišnje proizvede i plasira na tržište oko 11.000 tona višeslojne kartonske ambalaže za napitke [9].

Proces recikliranja višeslojnog papira, odnosno višeslojne kartonske ambalaže ne razlikuje se značajno od procesa recikliranja običnog papira. Naime, kada se izdvoje celulozna vlakna, daljnji postupak recikliranja isti je kao i kod običnog starog papira.

Nakon što se prikupi višeslojna papirnata, odnosno kartonska ambalaža, ista se ubacuje u pulper, odnosno u veliku miješalicu u koju se potom dodaje voda te se uslijed vrtnje, kartonski dio ambalaže odvaja. Polieten i aluminij posebno se odlažu te se odvojeno koriste dalje, odnosno recikliraju ili se koriste kao energetska sirovina (plastični ostaci, odnosno polieten). Sustav za recikliranje višeslojnog papira, (slika 14), sastoji se od faze sakupljanja i stvaranja celulozne mase i procesa čišćenja.



Slika 14. Sustav za recikliranje višeslojnog papira

Za stvaranje celulozne mase koriste se dvije pokretne trake. Prva traka dobavlja sirovinu kojoj se skida žica (sve bale papira koje se dopremaju vezane su žicom) i potom namotava. Za proizvodni proces gdje ulazi 450 tona papira za recikliranje dnevno, namota se oko 16 koluta žice mase 80 kilograma.

Papir se potom usitnjava i melje na veličinu poštanske markice. Time se osigurava brže stvaranje celulozne mase jer se papir brže natopi vodom, a ujedno ujednačava dobavu materijala. Ovaj proces izvodi se na 50 do 60 °C uz konstantno miješanje (30 minuta) [7].

Čišćenje se odvija prolaskom mase kroz filter i ciklotrone, pri čemu se odvajaju čestice aluminija, plastike i pijeska. Prvi filter ima rupice veličine 1.4 mm nakon čega smjesa ide u ciklotron. Tu se na obrubu izdvajaju listići nečistoća i koristi se filter veličine 2.5 mm. Smjesa koja je prošla kroz filter prolazi na daljnju obradu, a nečistoće se dalje pripremaju za postupak spaljivanja.

Smjesa zatim prolazi kroz sita veličine 0.25 mm i 0.3 mm kako bi se odvojile nečistoće. Smjesa koja prođe kroz filtere pohranjuje se i to kao obrađena sirovina za reciklirani papir.

Otpad koji ne prolazi kroz filtere ponovo se propušta kroz filtere kako bi se izvuklo što više vlakana, a sediment koji nastaje miješa se sa smjesom dobivenom u prvom filteru i odlazi na pripremu za spaljivanje [5].

Dobivena smjesa, koja se sastoji od 5 do 20 % celuloze, dalje se suši i sabija te se potom melje i provlači kroz magnetski separator koji razdvaja feromagnetske čestice, a ostatak se spaljuje.

Važno je napomenuti da je višeslojnu kartonsku ambalažu potrebno odlagati u za to posebno predviđene kontejnere te je svaki tetrapak potrebno prethodno isprazniti i izravnati da bi se eliminirali nepoželjni mirisi i da bi se smanjio volumen odložene ambalaže. S obzirom na sve navedeno, lako se zaključuje da je, uz razvoj za to adekvatne tehnologije, tetrapak, odnosno višekomponentni papir postao jedna od najprihvatljivijih oblika ambalaže, upravo zbog toga što se jednostavno reciklira.

2.3.2. Prednosti i nedostaci recikliranog papira

Recikliranjem, papir u određenoj mjeri gubi na kvaliteti i izgledu, no svojstva recikliranog papira omogućuju daljnju upotrebu, pa i ponovno recikliranje. Reciklirani papir nešto je tamnije boje, no na isti se način može koristiti u tisku ili za izradu ambalaže.

Reciklirani papir razlikuje se od papira dobivenog iz drveta po nekim karakteristikama. Uzrok tih razlika su promjene na samim vlaknima, moguća prisutnost različitih nečistoća, koje tijekom recikliranja nisu u dovoljnoj mjeri uklonjene zbog čega je reciklirani papir obično sivkaste/smeđe boje.

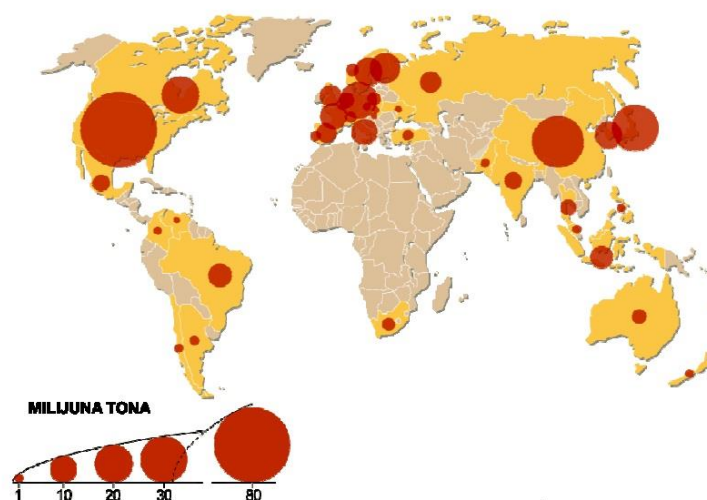
Agencija za zaštitu okoliša (AZO) dokazala je da recikliranje papira dovodi do smanjenja onečišćenja vode za 35 % i 74 % manjeg onečišćenja zraka u odnosu na primarnu proizvodnju papira [10].

Reciklirani papir upotrebljava se u proizvodnji knjiga, udžbenika, časopisa, novina i drugih proizvoda.

Otpadni papir ne može se reciklirati beskonačno jer vlakna unutar njega pucaju i više nije moguće održavati stabilnu mrežu koja povezuje ta ista vlakna.

Recikliranje papira s razlogom poprima sve veću važnost u suvremenim društvenim zajednicama i na globalnoj razini. S obzirom na sve dobrobiti, i za prirodu, odnosno okoliš, i za zdravlje ljudi, recikliranje papira jedna je od najvažnijih stavki kada se govori o štednji energije i odgovornom ponašanju prema planeti na kojoj živimo.

Razvijene države stoga ulažu sve veće napore u promicanje recikliranja, a u mnogim se zemljama građanima daje i naknada za sakupljeni papir. Hrvatska sve više slijedi trend recikliranja papira radi očuvanja okoliša, uštede vode i energije, no još se uvijek nalazi u grupi manjih proizvođača recikliranog papira, poput Mađarske, Austrije i Slovačke [5]. Zemlje s najvećom industrijom recikliranja papira prikazane su na slici 15.



Slika 15. Zastupljenost industrije recikliranog papira u svijetu

Organizirano i odvojeno prikupljanje starog papira te recikliranje, čuvaju šume, ne onečišćuju se vode, i općenito okoliš, štedi se energija, štede se prirodni resursi te se znatno smanjuje količina otpada na odlagalištima i deponijima.

Važno je napomenuti sljedeću važnu činjenicu: jedan lista papira može se reciklirati i do nekoliko puta prije nego se raspadne. Ipak, još uvijek veliki dio starog papira završava u smeću, stoga je od izuzetne važnosti promovirati recikliranje papira kao jedan od najboljih načina čuvanja prirode i štednje energije.

Ako usporedimo koliko je biljaka, vode i energije potrebno za proizvodnju jedne tone papira (tablica 1), jasno je koliko je važno reciklirati papir.

Tablica 1. Količine sirovina za proizvodnju papira

ZA PROIZVODNJU 1 TONE PAPIRA IZ PRIRODNIH RESURSA POTREBNO JE:	ZA PROIZVODNJU 1 TONE RECIKLIRANOG PAPIRA POTREBNO JE:
4 stabla	niti jedno stablo
200.000 litara vode	160 litara vode
4600 kWh energije	2400 kWh energije

Uspoređujući podatke prikazane u tablici 1, konkretnim je podacima i brojkama prikazana značajna prednost recikliranja, koja se ne odnosi samo na štednju energije, već i na očuvanje okoliša i prirodnih resursa.

Procjenjuje se da se u Republici Hrvatskoj godišnje reciklira oko 200.000 tona papira [10].

Svaki kilogram recikliranog papira predstavlja četiri kilograma manje stakleničkih plinova u atmosferi, a jedna tona prikupljenog papira spašava 20 stabala. U usporedbi s SAD-om, koji je jedna od vodećih zemalja svijeta u recikliranju papira, s dugom praksom u ovoj domeni, ali i jedan od najvećih proizvođača papira, odnosno papirnog otpada. 2012., brojke su sljedeće: u SAD-u je sakupljeno 68 milijuna tona, što je manje u odnosu na 2000. godinu kada je sakupljeno 87 milijuna tona otpada od papira [12].

Reciklirani papir ima, uz ekološke, i znatne ekonomske prednosti. Recikliranje donosi uštedu, a samim time reciklirani papir znatno je jeftiniji. Dvije trećine starog papira na području EU reciklira se s ciljem proizvodnje ambalažnih i omotnih papira, a ta vrsta papira spada u tzv. smeđu klasu, dok se “odbojavanjem” dobiva sofisticiraniji način recikliranja i koristi se za proizvodnju papira tzv. bijele klase.

Recikliranje značajno smanjuje potrošnju energije, iako se među stručnjacima još uvijek vode rasprave o kojima se točno brojkama trenutno radi [13].

EIA (Energy Information Administration) tvrdi da se radi o smanjenju od 40 % pri uštedi energije kada se papir reciklira u odnosu na papir izrađen od reciklirane celuloze, dok Međunarodni ured za recikliranje tvrdi da se radi o uštedi od 64 %. Recikliranje, kao i upotreba recikliranog papira, brzorastući su trendovi u svijetu, što potvrđuju i brojke - trenutno se više od polovice proizvedenog papira dobiva od recikliranog starog papira, a taj odnos ima tendenciju rasta u korist recikliranja [14].

Samim time, sve su češća promišljanja o novim metodama recikliranja, odnosno u načinima implementacije novih tehnologija u postupak recikliranja, a sve je veći broj stručnjaka koji smatraju da se ovoj problematici ne pridaje dovoljno pažnje. Svoje argumente temelje na istraživanjima koja pokazuju da metode razvrstavanja i recikliranja ponekad ne daju dobre rezultate te da je potrebno uskladiti odnos uloženog i dobivenog [15].

2.4. Zakonska regulativa

U Republici Hrvatskoj, vezano za recikliranje papira, na snazi su:

- Zakon o otpadu [16]
- Pravilnik o vrstama otpada [17]
- Pravilnik o gospodarenju otpadom [18]
- Pravilnik o ambalaži i ambalažnom otpadu [19]

Pravilnik o ambalaži i ambalažnom otpadu donesen je 2005. godine, a posljednji put izmijenjen je 2015. godine.

Pravilnik uređuje način postupanja s ambalažom i ambalažnim otpadom, a posebno regulira sljedeće:

- obveze proizvođača, uvoznika, ambalažera i prodavatelja u proizvodnji, na tržištu i upotrebi ambalaže i ambalažnog otpada
- obavješćivanje proizvođača i potrošača o bitnim svojstvima proizvoda i ambalaže
- način naplate naknade za ambalažu i ambalažni otpad
- prikupljanje i gospodarenje ambalažom i ambalažnim otpadom
- povrat upotrebljenih proizvoda odnosno ambalaže za ponovnu upotrebu
- isplatu naknade na oporabljivi otpad nakon iskorištenja proizvoda
- namjenu i korištenje sredstava naknada koje se plaćaju na ambalažu i ambalažni otpad

Pravilnik o ambalaži i ambalažnom otpadu recikliranje definira kao “ponovnu uporabu u proizvodnom procesu, osim uporabe otpada u energetske svrhe”.

Nadalje, Pravilnik uređuje i obveze proizvođača i ambalažera te u Članku 3. donosi sljedeće:

(1) Ambalažer je dužan u skladu s najboljim dostupnim tehnologijama proizvoditi ambalažu koju je moguće ponovno uporabiti i/ili reciklirati kako bi se nepovoljni utjecaj na okoliš od ambalaže i ambalažnog otpada sveo na najmanju moguću mjeru.

(2) Proizvođač je dužan na primjeren način na prodajnom mjestu obavještavati prodavatelja i potrošača o bitnim svojstvima proizvoda i ambalaže glede opasnih i

onečišćujućih tvari koje oni sadrže te o načinu postupanja s proizvodom i ambalažom kada postanu otpad.

Prema Pravilniku, ove obveze nastaju kada proizvođač na tržište stavlja više od godišnje količine pojedine ambalaže, i to:

- 800 kg stakla
- 300 kg papira, kartona i višeslojne ambalaže s pretežno papir-kartonskom komponentom
- 100 kg metala
- 100 kg plastike
- 100 kg drva
- 100 kg ostalih ambalažnih materijala

Prema Članku 10. ovog Pravilnika:

(1) Proizvođač je dužan označiti ambalažu propisanim, a po potrebi i posebnim barkodom koji će se koristiti u evidenciji ambalaže kod prodaje i prilikom povratka. Uvjete označavanja propisat će Fond.

(2) Sustav označavanja ambalaže, ovisno o vrsti materijala, određen je Dodatkom V. koji je prilog ovoga Pravilnika i čini njegov sastavni dio.

(3) Oznaka na ambalaži, namijenjena prepoznavanju ambalažnog materijala, mora biti stavljena na samu ambalažu ili na etiketu pričvršćenu na ambalažu i mora biti jasno vidljiva i dobro čitljiva. Oznaka mora biti trajna i izdržljiva čak i nakon otvaranja ambalaže.

Pravilnik donosi i obveze prodavatelja, a prema Članku 11. radi se o sljedećem:

(1) Prodavatelj je dužan omogućiti postavljanje i manipulaciju spremnicima ili drugom opremom za skupljanje ambalažnog otpada (u daljnjem tekstu: spremnici) ako je njegov prodajni prostor veći od 200 četvornih metara.

(2) Prodavatelj može sakupljeni ambalažni otpad privremeno skladištiti u okviru svog zatvorenog ili otvorenog poslovnog prostora ili ga predavati na privremeno skladištenje u ovlaštena privremena skladišta.

(3) Prodavatelj je dužan organizirati prijevoz skupljenog ambalažnog otpada iz svojeg prodajnog prostora i privremenih skladišta prema ovlaštenoj osobi za zabrinjavanje i oporabu ili do privremenog skladišta za ambalažni otpad.

(4) Prodavatelj je dužan isplatiti naknadu potrošačima za vraćenu otpadnu ambalažu iz članka 25. stavka 5. ovog Pravilnika na prodajnim mjestima po jedinici prodajne ambalaže za piće (PET boca, staklena boca za jednokratnu upotrebu ili Al-Fe limenke).

(5) Prodavatelj čiji je prodajni prostor površine manje od 200 četvornih metara nije obavezan, ali može preuzeti ambalažu uz povrat naknade kupcu u smislu odredbi ovog Pravilnika.

(6) Prodavatelj čiji je prodajni prostor površine veće od 200 četvornih metara obavezan je preuzimati ambalažu svih proizvoda za koje se kupcu, u skladu s odredbama ovog Pravilnika vraća naknada prilikom povrata iskorištene ambalaže, kao i ambalažu ostalih proizvoda koje drži u svom prodajnom programu, bez obzira na proizvođača. Ova odredba ne odnosi se na prodavatelje koji u svom programu nemaju pića ili napitke.

(7) Količinu vraćene ambalaže i isplaćene iznose naknade potrošačima prodavatelj je dužan posebno evidentirati putem elektroničke blagajne ili drugim sredstvom elektroničke pohrane podataka.

(8) Za sve količine sekundarne i tercijarne ambalaže koja postane ambalažni otpad u poslovnom prostoru prodavatelj je dužan voditi očevidnik te na svoj trošak osigurati odvojeno skupljanje, privremeno skladištenje i predaju otpada ovlaštenoj osobi na zabrinjavanje i oporabu.

(9) Prodavatelj je dužan od potrošača primljeni otpad od ambalaže za jednokratnu uporabu sortirati prema osnovnoj klasifikaciji:

- staklo
- papir i karton
- višeslojna (kompozitna) ambalaža
- metal
- PET
- Al

- polimerni materijali
- drvo
- tekstil
- ostalo.

(10) Ako prodavatelj ne sortira ambalažni otpad unutar osnovne klasifikacije nema pravo na naknadu za djelomično pokrivanje troškova preuzimanja ambalažnog otpada iz članka 25. stavka 3. ovoga Pravilnika.

(11) Prodavatelj je dužan na vidljivom mjestu natpisom obavijestiti potrošača o načinu preuzimanja ambalažnog otpada i svim ostalim uvjetima.

(12) Prodavatelji su dužni najmanje tromjesečno dostaviti Fondu izvješće o skupljenim vrstama i količinama ambalažnog otpada i isplaćenim naknadama potrošačima za vraćenu otpadnu ambalažu za pića (PET boca, staklena boca za jednokratnu upotrebu ili Al-Fe limenke) u pisanom i elektronskom obliku.

(13) Fond je dužan prodavatelju nadoknaditi isplaćene naknade potrošačima za vraćenu ambalažu za piće u roku od 30 dana od dana dostavljanja izvješća o vrstama i količinama skupljenog ambalažnog otpada.

(14) Prodavatelji mogu samostalno, ili u suradnji s ovlaštenom osobom za sakupljanje neopasnog i komunalnog otpada organizirati prikupljanje povratne i nepovratne ambalaže izvan vlastitih prostora i površina, s obvezom povrata posebne naknade potrošačima, za što trebaju pribaviti suglasnost Ministarstva za zaštitu okoliša, prostorno uređenje i graditeljstvo (u daljnjem tekstu Ministarstvo) da bi ostvarili pravo na naplatu isplaćene naknade od Fonda.

3. ZAKLJUČAK

Velik dio industrijskog i kućanskog otpada može se reciklirati i iskoristiti za daljnu upotrebu, a upravo je papir jedna od sirovina koja je najadekvatnija za recikliranje. Stari se papir može reciklirati i do nekoliko puta, a pritom se dobiva papir niže kakvoće, no još uvijek dovoljno upotrebljiv i primjeren za daljnje korištenje. Recikliranjem papira čuva se okoliš, u prvom redu smanjuje se uništavanje šuma, a štedi se voda i energija. Upravo je zbog toga važno promicati recikliranje kao poželjan, pa i prijeko potreban način uštede energije, ali i prijeko potreban način ophođenja prema prirodi i okolišu.

Prema istraživanjima, papir i karton na drugom su mjestu po zastupljenosti u kućanskom otpadu što je još jedan razlog više kada se govori o važnosti recikliranja papira.

Recikliranje papira smanjuje onečišćenje voda za 35 %, a onečišćenje zraka čak 74 %, u odnosu na primarnu proizvodnju papira. Reciklirani papir nešto je niže kakvoće (dijeli se na tzv. smeđu i bijelu klasu), ali dovoljno je kvalitetan za proizvodnju novih knjiga, udžbenika, časopisa, novina i sl.

Stoga je praksa recikliranja papira sve prisutnija u svijetu, posebice u razvijenim zemljama, a sve je češća praksa i u Hrvatskoj. Točnije, procjenjuje se da se u Republici Hrvatskoj godišnje reciklira oko 200.000 tona papira, a za pretpostaviti je, i nadati se, da će ta brojka, uskoro biti još veća.

4. LITERATURA

- [1] *Rječnik hrvatskoga jezika*. Leksikografski zavod Miroslava Krleže. Zagreb; 2001.
- [2] *Hrvatska enciklopedija*, Leksikografski zavod Miroslava Krleže, <http://www.enciklopedija.hr/>
- [3] HRN ISO 8787. Papir i karton – Određivanje kapilarnog upijanja – Klemmova metoda (ISO 8787:1986)
- [4] Odluka o uvjetima označavanja ambalaže. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, Narodne novine broj 107/03; Pravilnik o ambalaži i ambalažnom otpadu, Narodne novine broj 97/05 i 115/05
- [5] *Recikliranje papira*. Recikliraj.hr, dostupno na: <http://recikliraj.hr/recikliranje-papira/>, pristup: 19. 3. 2016.
- [6] Peretin, S. *Unapređenje razvrstavanja kućanskog otpada*, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb; 2010.
- [7] *How is Paper Recycled?* (2012.), TAPPI
- [8] Voith.com, dostupno na: <http://voith.com/en/index.html>, pristup: 20. 3. 2016.
- [9] Peretin, S.: *Unapređenje razvrstavanja kućanskog otpada* (2010.), Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [10] Food and Agriculture Organization of the United States, dostupno na: <http://www.fao.org/home/en/>, pristup: 20. 3. 2016.
- [11] Reed, J. *How textbooks become toilet paper: A Birmingham recycling center moves beyond newsprint and cans*, AL.com; 2004.
- [12] *Case history: The Truth about recycling*. The Economist; 2012.
- [13] *Information about Recycling*. Bureau of International Recycling; 2007.
- [14] Bajpai P. *Recycling and Deinking Recovered Paper*. London: Elsevier; 2014.
- [15] Bystrom S, Lonnstedt L. Paper recycling: a discussion of methodological approaches. *Resour. Conserv. Recycl.* 2000. 28(1-2), pp. 55 – 56.

- [16] Narodne novine br. 178/04, 111/06, 60/08, 87/09, dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/313723.html>; pristup: 19.03.2016.
- [17] Narodne novine br. 27/96, dostupno na: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1996_04_27_539.html; pristup: 19.03.2016.
- [18] Narodne novine br. 23/07, 111/07, dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/297313.html>; pristup: 19.03.2016.
- [19] Narodne novine br. 97/05, 115/05, 81/08, 31/09, 156/09, 38/10, 10/11, 81/11, 126/11, dostupno na: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_08_88_1735.html; pristup: 19.03.2016.

5. POPIS SLIKA

Slika 1. Sirovine za proizvodnju papira

Slika 2. Oznake za papir – a) valovita ljepenka, b) ravna ljepenka, c) papir

Slika 3. Sirovina za proizvodnju papira

Slika 4. Stroj za proizvodnju papira

Slika 5. Papir za recikliranje

Slika 6. Vrste kontejnera za odlaganje materijala za recikliranje

Slika 7. Kontejner za odlaganje starog papira

Slika 8. Struktura kućanskog otpada

Slika 9. Uklanjanje nečistoća pri recikliranju

Slika 10. “Deinking” flotacija

Slika 11. Laboratorijski dezintegrator

Slika 12. Sastav višekomponentnog papira

Slika 13. Višeslojna kartonska ambalaža (tetrapak)

Slika 14. Sustav za recikliranje višeslojnog papira

Slika 15. Zastupljenost industrije recikliranog papira u svijetu

6. POPIS TABLICA

Tablica 1. Količine sirovina za proizvodnju papira